



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 32 230 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
B 62 D 37/00

②① Aktenzeichen: 100 32 230.1
②② Anmeldetag: 3. 7. 2000
④③ Offenlegungstag: 17. 1. 2002

DE 100 32 230 A 1

⑦① Anmelder:
Frie, Werner Rudolf, Dr., 74199 Untergruppenbach,
DE

⑦② Erfinder:
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Verfahren zur Stabilisierung von schlingernden Gespannen

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Stabilisierung von schlingernden Gespannen. Bei diesem Verfahren wird die Schlingerbewegung als Schwingung analysiert, wobei insbesondere auch für einen "phasenrichtigen" Eingriff die Phasenlage der Schwingung ermittelt wird, so daß gezielt dämpfend in die Schwingung eingegriffen werden kann. Der Eingriff kann in die Lenkung, Bremse oder die Stoßdämpfer erfolgen.

DE 100 32 230 A 1

Beschreibung

[0001] Bei einem Verfahren zur Dämpfung einer Schlingerbewegung oder einer Schwingung bei Gespannen werden phasenrichtig Maßnahmen ergriffen um eine Stabilisierung und Dämpfung der Schwingung zu bewirken.

Beschreibung

[0002] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Stabilisierung eines Anhängersystems, das von einer Zugmaschine über eine Kupplung gebildet ist, und ein entsprechendes Anhänger-gespann. Bei zunehmender Geschwindigkeit des Anhänger-gespanns nimmt die Eigendämpfung des Fahrzeuges üblicherweise stark ab – wobei gleichzeitig die Eigenfrequenz stark zunimmt, so daß ein Schlingern des Anhängers durch eine kurze Störung (lateraler Impuls) einsetzt. Die Schlingerbewegung wird – wie aus Erfahrung des Erfinders bekannt – im Allgemeinen größer, wenn Schub auf die Anhängerkupplung kommt. Ein Bremsen der Zugmaschine bewirkt – wie auch das Schieben des Anhängers bei steiler bergabfahrt – eine Verstärkung der Schlingerbewegung. Bei kritischen Zuständen beim bergab Fahren kann der Fahrer das Fahrzeug gegebenenfalls nicht mehr in den unkritischen Geschwindigkeitsbereich abbremsen. Durch die steigende Geschwindigkeit nimmt im Allgemeinen auch die Schwingungsfrequenz zu (bis zu ca. 2 Hz). Das Fahrzeug schwingt hierbei um die Gier- wie auch die Rollachse. Gerade der Mechanismus, das beim einfachen Bremsen der Zugmaschine (Schub auf der Anhängerkupplung) und ungünstiger Massenverteilung im Gespann kinetische Energie in eine Gier/Roll-Schwingungsenergie übergeht, wurde bei allen bekannten Lösungsfindungen für das Schlingerproblem von Gespannen nicht berücksichtigt.

[0003] Ferner kann ein reiner Soll-Ist-Wert-Vergleich von z. B. Drehrate zu Lenkwinkel im Allgemeinen keine Schwingungsdämpfung bewirken, da eine unkontrollierbare Rückkopplung von der Schlingerbewegung in den Lenkwinkel erfolgen kann (z. B. PkW ohne Servolenkung). Dieses gleiche Problem des Soll-Ist-Wert-Vergleichs ist vom Segeln bekannt: Alle käuflichen Autopiloten versagen auf kleineren Segelschiffen bei Seegang, weil sie nur die Abweichung zum Kompaßkurs erfassen und nicht die eigentliche Wellenbewegung. Ein Segler am Ruder spürt hingegen die Welle kommen und macht so periodische, "phasenrichtige" Lenkbewegungen um die Gier-/Roll-Schwingung des Segelschiffes zu kontrollieren. Dieses Beispiel ist insofern instruktiv, als daß die Schwingungsdauer eines Segelbootes je Wellegröße und Revier – jedoch immer – im Sekundenbereich liegt (typisch 20–60 sec), so daß man den phasenrichtigen Eingriff als Mensch beobachten und beurteilen kann. Segelanfänger haben zumeist Problem die Phasenlage der Welle richtig zu erkennen und lenken im Allgemeinen erst zu spät ein. (Segelanfänger haben somit beim Eingriff einen positiven Offset zur idealen Phasenlage zur Schwingungsdämpfung und benötigen größere Lenkausschläge zur Stabilisierung.) Bei einem Auto hat man das gleiche Problem eines schwingenden System, jedoch ohne daß der Mensch "phasenrichtig" eingreifen kann, da – wie aus der Erfahrung des Erfinders bekannt – alles viel zu schnell passiert! Mit geeigneter Sensorik läßt sich jedoch auch beim Auto schnell genug die Schwingung hinsichtlich ihrer Phase analysieren, so daß man ideal dämpfend ins System ("phasenrichtig") ins System eingreifen kann.

[0004] In erster Näherung kann die Schlingerbewegung eines Gespanns als harmonische Schwingung betrachtet werden (siehe hierzu extrem verrauschte Meßdaten wie in Fig. 1). Bei allen bekannten Systemen wurde nicht versucht

diese Schwingung als Sinus-Schwingung in Echtzeit bei der Fahrt zu ermitteln (siehe hierzu Amplitude in Fig. 1 und Hauptschwingungsfrequenz in Fig. 2). Insbesondere wurde nie versucht die exakte Phasenlage der Schwingung zu bestimmen (siehe hierzu Fig. 3). Durch diese aus der theoretischen Physik stammende Betrachtung eines Gespanns als harmonischen Oszillator mit bekannter bzw. meßbarer Phase, Schwingungsfrequenz und Amplitude, und der Lenkung bzw. eines Eingriffs in nur die rechte/linke Bremse als Erregende, reduziert sich das Problem der Schlingerbekämpfung auf eine erregte Schwingung. Für eine erregte Schwingung gilt bei bekannter Dämpfung, daß man bei einer bestimmten Phasenlage – ca. 90° vorausleitend – eine Erregung der Schwingung und bei ca. 90° nachleitend eine Dämpfung der Schwingung erhält. Genauso kann eine bereits vorhandene Amplitude durch einen kurzen – aber phasenrichtigen – Dirac-Stoß beseitigt werden. Das Umkehr-experiment (Zeitumkehr) ist Allgemein bekannt, da man durch einen kurzen Ruck an der Lenkung jedes Gespann in Schwingung versetzen kann. Das kontinuierliche Suchen (z. B. mit 50 Hz Auswertzeit) eines Best-Fit der Sinuskurve in die Meßkurve von der Drehrate (bzw. Rollrate oder deren Ableitungen) ist mathematisch bekannt und stellt nur eine Herausforderung an die Algorithmen und die Rechenleistung dar.

[0005] Das Fahrdynamik-System (siehe Fig. 4) enthält eine Steuereinheit (1) einen Sensor (2) für den Gierwinkel und/oder den Rollwinkel, wobei der Sensor alternativ auch die ein- oder mehrfachen Ableitungen eines oder beider Winkel liefern kann. Die Steuereinheit analysiert die Schwingung und gibt entweder ein zusätzliches generelles Warnsignal (3) für eine Schlingerbewegung aus und in jedem Falle aber eine Information (4) über die Phasenlage der Schwingung, so daß der phasenrichtige Eingriff in die Lenkung und/oder Bremse (5) erfolgen kann. Des weiteren können noch Informationen (6) über die Schwingungsamplitude und/oder die Haupt-Schwingungsfrequenz und/oder die Güte der Schwingungsanalyse bereitgestellt werden.

[0006] Aufgabe dieser Erfindung ist es, ein Verfahren zur Stabilisierung eines Gespanns aus den oben genannten Modellannahmen zu entwickeln. Unter Ausnutzung der dämpfenden Wirkung eines phasenrichtigen Eingriffs in Lenkung oder Bremse ist es somit möglich, auch ein Fahrzeug in einem höheren Geschwindigkeitsbereich sicher zu stabilisieren. Insbesondere ist es bei dieser Erfindung möglich, die Fahrzeugbewegung in die Zukunft zu extrapolieren und so Ansprechzeiten, die sich als Phasenverschiebung bei reinen Soll-/Ist-Wertvergleichen der bekannten Systeme bemerkbar machen, von den Akteuren (Lenkung, Bremse) phasenrichtig zu korrigieren und nicht indirekt ermitteln zu müssen. Positiv ist ebenfalls, daß bei dieser Erfindung nicht der Lenkwinkelerfaßt werden muß, da bekanntermaßen beim Schlingern eines PKWs (ohne Servolenkung) auch das Lenkrad heftig zu schwingen anfängt und man so eine unbekannte Störgröße in der Sollwertvorgabe haben kann.

[0007] Der besondere Vorteil dieser Erfindung ist, daß beim PkW keine Erkennung notwendig scheint, ob ein Anhänger vorhanden ist, da die Funktion/der Algorithmus beim Fahren ohne Anhänger nicht anspricht/stört.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Stabilisierung eines Anhänger-gespanns, das von einer Zugmaschine und mindestens einem mit der Zugmaschine über eine Kupplung verbundenen Anhänger gebildet wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gierbewegung (0-te und/oder 1-te und/oder 2. Ableitung) und/oder die Rollbewegung (0-te

und/oder 1. und/oder 2. Ableitung) der Zugmaschine und/oder des Anhängers bestimmt wird und der zeitliche Verlauf zu jedem Zeitpunkt in bestimmten zeitlichen Abständen als eine Sinus/Cosinus-Schwingung analysiert wird hinsichtlich einer Haupt-Schwingungsfrequenz (ω) in einem vorgegebenen Bereich im Fourierraum und/oder der Schwingungsamplitude (A), woraus wiederum die Phase der Schwingung zu jedem Zeitpunkt ermittelt und /oder gefittet wird, so daß dämpfend ("phasenrichtig", je nach Ableitung ca. 0° oder 90° phasenverschoben) in die Schwingung eingegriffen werden kann.

2. Verfahren nach Patentanspruch 1., dadurch gekennzeichnet, daß fahrzeugverzögernde und/oder fahrzeugstabilisierende Maßnahmen ergriffen werden, wenn ein vorgegebener Grenzwert für die Haupt-Schwingungsfrequenz innerhalb einer vorgegebenen Zeit konstant überschritten bleibt.

3. Verfahren nach Patentanspruch 1., dadurch gekennzeichnet, daß fahrzeugverzögernde und/oder fahrzeugstabilisierende Maßnahmen ergriffen werden, wenn ein vorgegebener Grenzwert für die Amplitude der Hauptschwingungsfrequenz innerhalb einer vorgegebenen Zeit konstant überschritten bleibt.

4. Verfahren nach Patentanspruch 2. und/oder 3., dadurch gekennzeichnet, daß der Eingriff durch ein phasenrichtiges Aufmodulieren einer Sinus/Cosinus-Schwingung mit einer Amplitude, die zu der Amplitude der Hauptschwingungsfrequenz korrelieren kann, auf den vom Fahrer gewünschten Lenkwinkel und/oder durch einen getrennten phasenrichtigen Eingriff in die Bremse links und rechts der einzelnen Achsen von der Zugmaschine erfolgt.

5. Verfahren nach Patentanspruch 1. und/oder 2. und/oder 3., dadurch gekennzeichnet, daß man aufgrund Kenntnis der Haupt-Schwingungsfrequenz und der ermittelten/gefitteten Phasen den Zeitpunkt des nächsten Durchgangs der Auslenkung der Schwingung durch das Maximum in die Zukunft extrapolieren kann und so eine gegebenenfalls vorhandene Ansprechzeit der Bremse kompensieren kann, so daß der Eingriff in die Bremse links und rechts (der Vorder- und/oder Hinterachse des Fahrzeuges) getrennt voneinander phasengenau so erfolgt, daß eine Dämpfung der Schlingerbewegung des Fahrzeugs erfolgt.

6. Verfahren nach Patentanspruch 5., dadurch gekennzeichnet, daß an den Bremsen links und rechts vom Fahrzeug und/oder der Anhänger konstant ein bestimmter Bremsdruck ansteht, aber der Bremsdruck links und rechts phasenrichtig – und somit dämpfend – moduliert wird.

7. Verfahren nach Patentanspruch 1. und/oder 2. und/oder 3., dadurch gekennzeichnet, daß durch die Ermittlung der Haupt-Schwingungsfrequenz, der Amplitude und der ermittelten/gefitteten Phasen ein phasenrichtiger und somit dämpfender Eingriff in Stoßdämpfer möglich ist, deren Dämpfungsverhalten aufgrund einer Flüssigkeit mit ausgeprägtem elektroheologischem Effekt durch Anlegen einer Spannung schnell geschaltet werden kann.

8. Verfahren nach Patentanspruch 1. und/oder 2. und/oder 3., dadurch gekennzeichnet, daß der Eingriff in die Bremse und die Lenkung phasenrichtig so erfolgt, daß keine merkliche Fahrzeugverzögerung entsteht aber trotzdem die Schlingerbewegung gedämpft wird und so das Fahrzeug in einem höheren Geschwindigkeitsbereich immer noch sicher stabilisiert werden kann.

9. Verfahren nach Patentanspruch 1. und/oder 2. und/oder 3., dadurch gekennzeichnet, daß ein kurzer, phasenrichtiger, stoßartiger Puls beim Eingriff in die Lenkung und/oder links oder rechts in die Bremse einer oder mehrerer Fahrzeugachsen die Schlingerbewegung schlagartig dämpft.

10. Verfahren nach Patentanspruch 4., 8., 9., dadurch gekennzeichnet, daß der Aktor ein mechanisches oder hydraulisches Überlagerungsgetriebe ist oder bei der elektrischen Lenkung das Steuersignal ist, mit dem der zusätzliche Lenkwinkel realisiert/aufmoduliert wird.

11. Verfahren nach Patentanspruch 1. und/oder 2. und/oder 3., dadurch gekennzeichnet, daß das gesamte Gespann verzögert wird, ohne eine getrennte Modulation des Bremsdrucks für die linke und rechte Fahrzeugräder.

12. Verfahren nach Patentanspruch 1. und/oder 2. und/oder 3., dadurch gekennzeichnet, daß die Güte der Schwingungsanalyse mit berücksichtigt, so daß nur ein Eingriff erfolgt, wenn die Güte eine bestimmte Zeit einen bestimmten Grenzwert überschritten hat.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

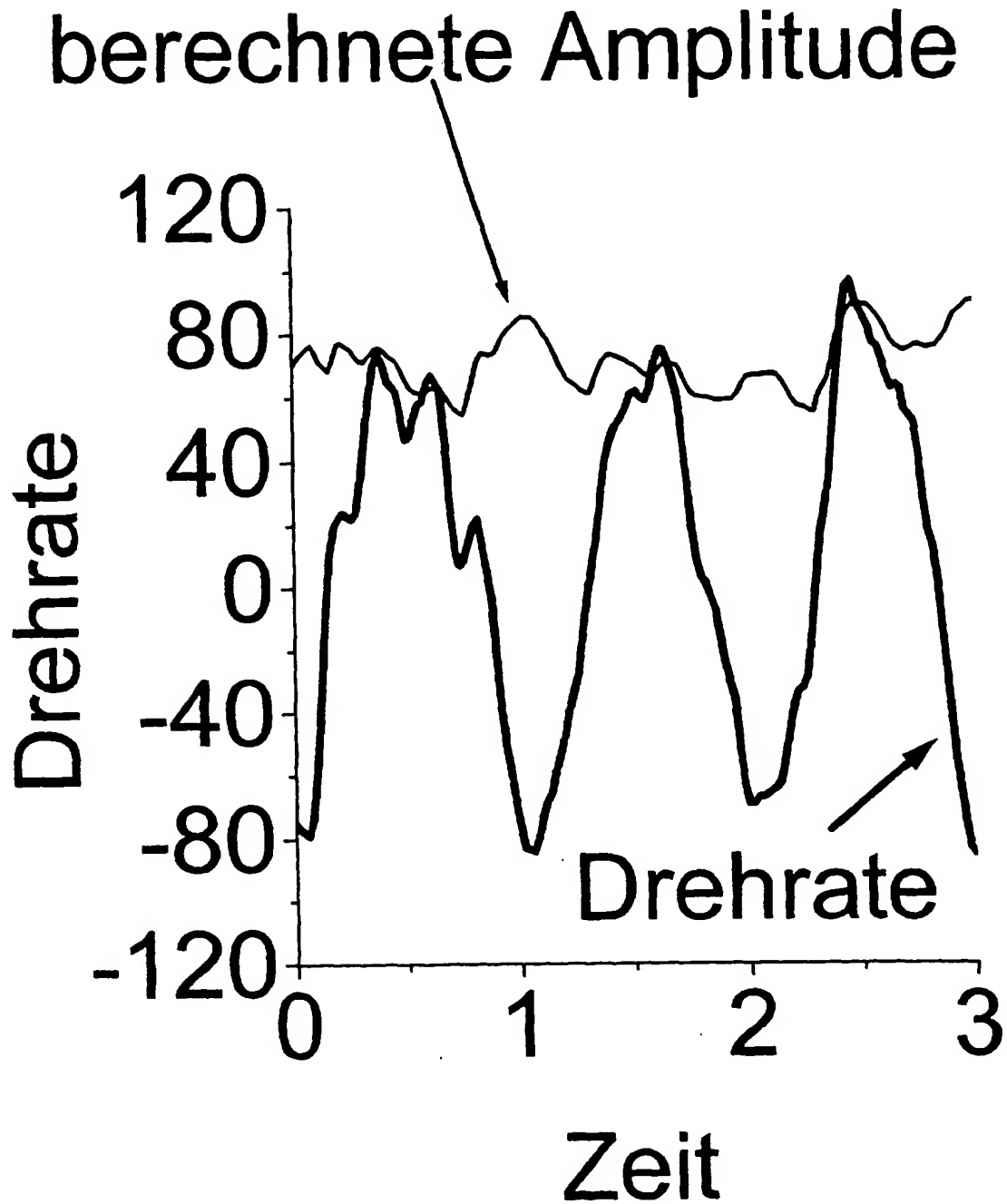


Figure 1

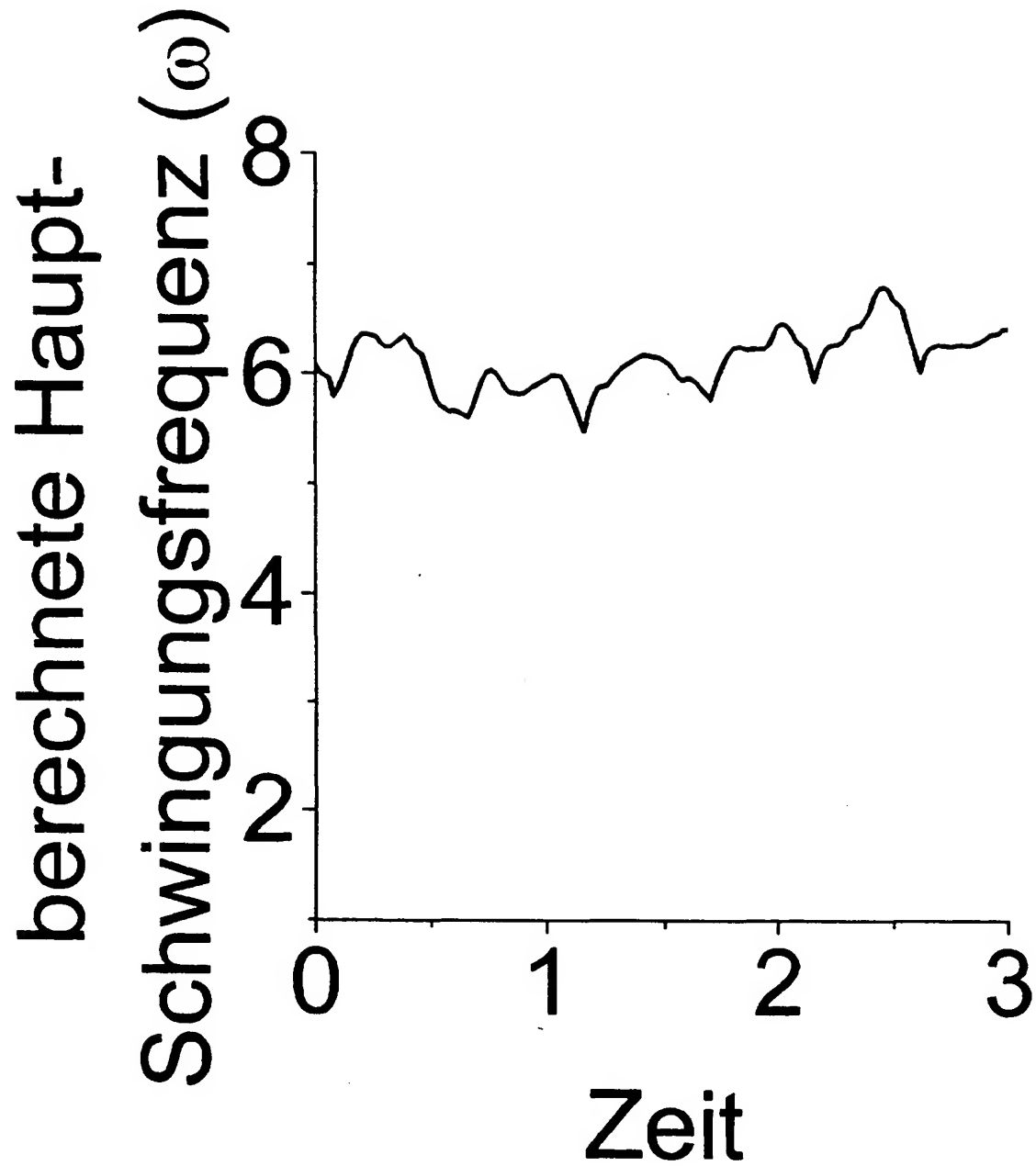


Figure 2

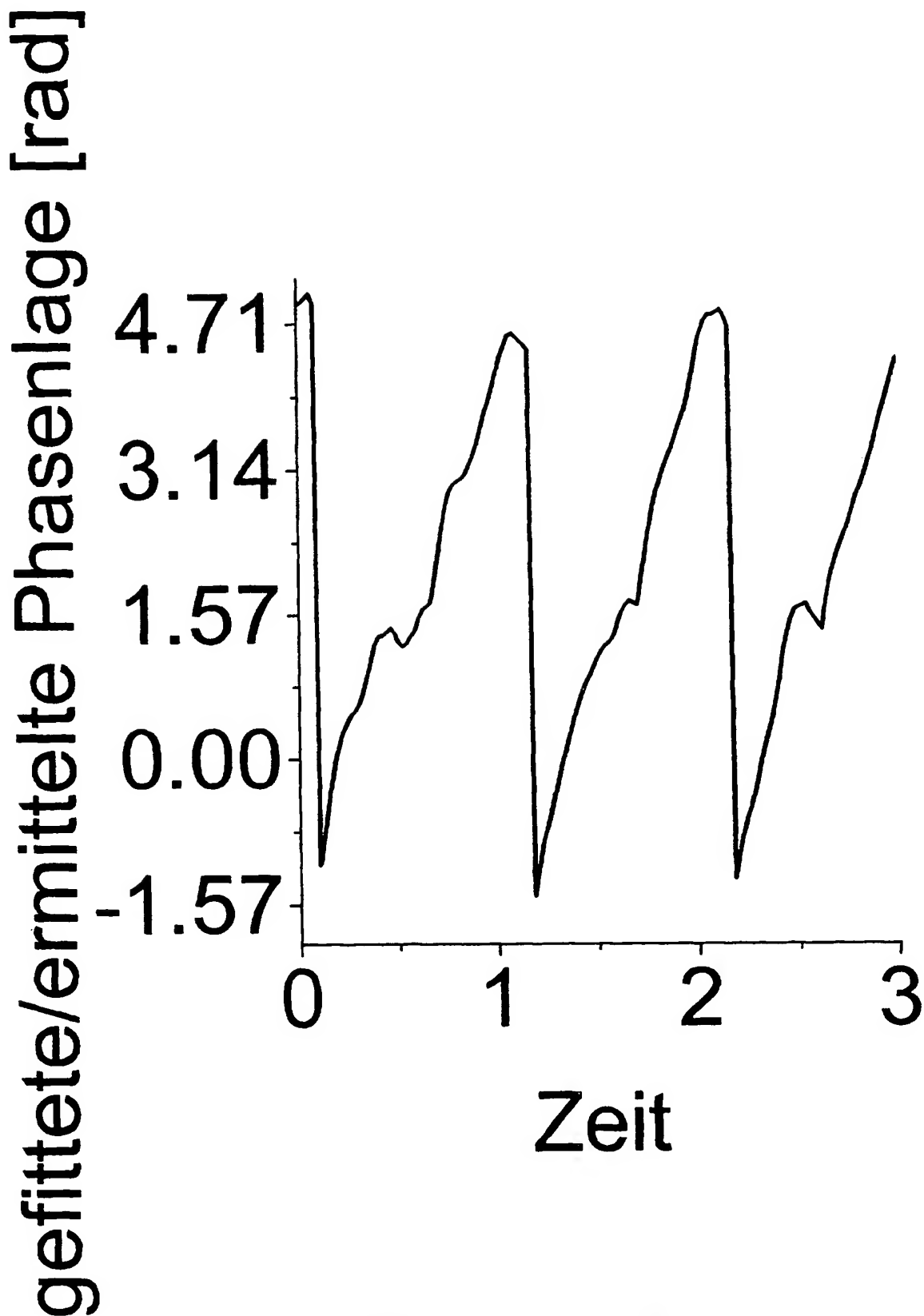


Figure 3

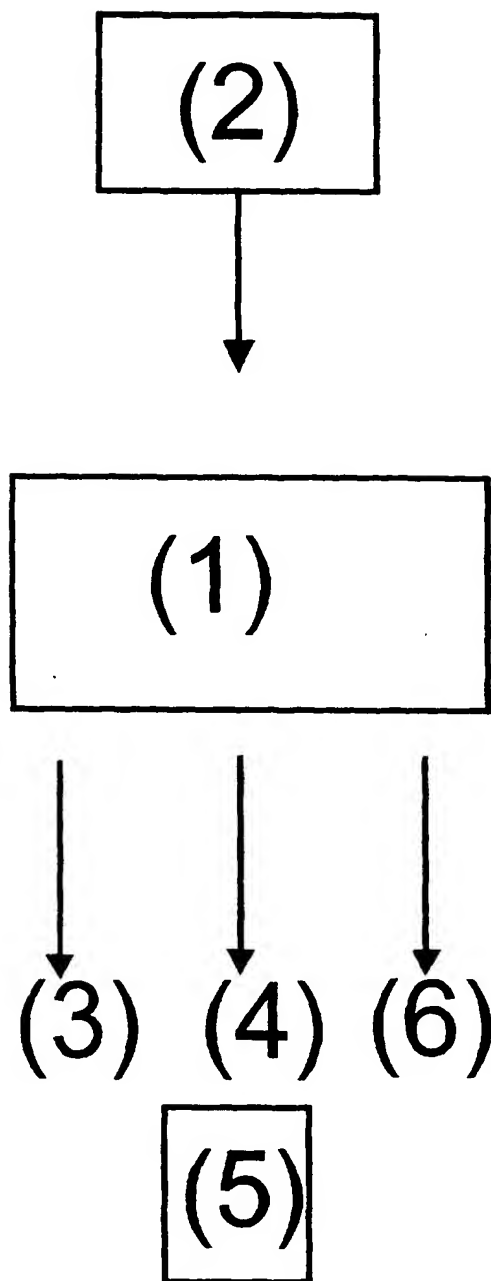


Figure 4